

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 19 FEB 2004
WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Best Available Copy

Aktenzeichen: 103 05 178.3

Anmeldetag: 8. Februar 2003

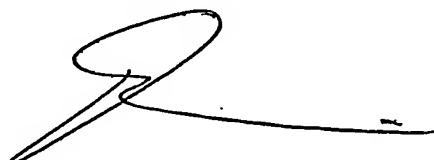
Anmelder/Inhaber: Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart/DE

Bezeichnung: Verfahren zum Betreiben eines Einspritzventils
einer Brennkraftmaschine

IPC: F 02 D 41/30

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 9. Februar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag



Dziersow

5 31.01.2003 WKL/GGA
Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

Verfahren zum Betreiben eines Einspritzventils einer
Brennkraftmaschine

10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines
Einspritzventils einer Brennkraftmaschine, wobei die
Dosierung der Kraftstoffmenge insbesondere durch eine
15 Variation des Hubs der Düsenadel des Einspritzventils
einstellbar ist. Die Erfindung betrifft darüber hinaus ein
Computerprogramm und ein Steuergerät zur Durchführung des
Verfahrens sowie eine Brennkraftmaschine mit einem
derartigen Steuergerät.

20 Stand der Technik

25 Im Stand der Technik sind Hochdruckeinspritzventile für
eine Kraftstoffdirekteinspritzung bei Brennkraftmaschinen
grundätzlich bekannt. Es sind insbesondere auch solche
Hochdruckeinspritzventile 300 wie in Figur 3 gezeigt
bekannt, bei denen die Dosierung der in die Brennkammern
der Brennkraftmaschine einzuspritzenden Kraftstoffmenge
nicht nur über die Öffnungsduer des Ventils, sondern
30 insbesondere auch durch eine Variation des Hubs der
Düsenadel 330 möglich ist. Bei diesen Ventilen wird die
Düsenadel 330 zum Beispiel direkt mit Hilfe eines Piezo-
Aktuators 320 angesteuert. Derartige Ventile eignen sich
insbesondere zum Absetzen sehr kurzer Einspritzimpulse und

zum Absetzen von mehreren Einspritzimpulsen während eines Arbeitszyklusses, sogenannte Mehrfacheinspritzung, innerhalb eines sehr kurzen Zeitfensters. Ein Beispiel für eine bei einem derartigen Ventil verwendete Düse ist die

5 nach außen öffnende Düse, die sogenannte A-Düse.

Im Stand der Technik ist der Nadelhub bei den beschriebenen Einspritzventilen, die eine Variation des Düsennadelhubs gestatten, sowohl zu großen wie auch zu kleinen Werten hin für den Ventilhub durch diverse Einschränkungen begrenzt:

10 So wird der Nadelhub zu großen Werten hin begrenzt durch

15 - die Möglichkeiten zur Realisierung einer geforderten kleinen Menge, weil die Düsenfläche und der Kraftstoffsystemdruck durch das verwendete Brennverfahren vorgegeben beziehungsweise nur begrenzt variabel sind;

20 - die Größe der einsetzbaren Piezoaktoren 320 und deren physikalische Eigenschaften wie zum Beispiel deren Hubvermögen, die von ihnen aufzubringenden Kräfte und ihr Beschleunigungsvermögen, et cetera; und durch

- die Leistungsfähigkeit der Steuergeräteendstufe (Verlustleistung, Bauraum).

25

Demgegenüber wird der Nadelhub für einen Nennbetrieb der Brennkraftmaschine, das heißt der Nennnadelhub zu kleinen Hubwerten hin, das heißt in Form eines Mindestnadelhubs, begrenzt durch

30

- die Gewährleistung einer ausreichenden Spülwirkung.

Durch diesen Mindestnadelhub soll sichergestellt werden, dass es bei einem Nennbetrieb der Brennkraftmaschine, bei

dem das Einspritzventil überwiegend mit dem Nennhub betrieben wird, nicht zu einem unvollständig schließenden beziehungsweise offen klemmenden Ventil durch Partikel in dem Querschnitt der Einspritzdüse kommt.

5

Die Gewährleistung einer ausreichenden Spülwirkung ist deswegen besonders wichtig, um die Gefahr eines Benzinschlags zu vermeiden. Ein Benzinschlag entsteht dann, wenn der Querschnitt des Einspritzventils durch

10

Schmutzpartikel blockiert ist, so dass das Einspritzventil nicht mehr vollständig geschlossen werden kann. Es kommt dann zu einer kontinuierlichen Förderung von Kraftstoff in den Zylinder, dessen Einspritzventil eingeklemmt ist. Da Kraftstoff als inkompressibles Medium angesehen werden

15

kann, kommt es zu einer Behinderung oder Blockierung der Kolbenbewegung, wenn die eingespritzte Kraftstoffmenge das Kompressionsvolumen des Zylinders übersteigt. Wenn gleichzeitig jedoch andere Zylinder der Brennkraftmaschine ordnungsgemäß arbeiten, werden von diesen über die

20 Kurbelwelle sehr große Kräfte auf das Pleuel und den Kolben des blockierten Zylinders ausgeübt, was in der Regel zu irreparablen Motorschäden in Form insbesondere eines Bruchs des Pleuels und einer Beschädigung des Zylinders führt.

25 Wie oben ausgeführt, wird durch die Vorgabe des Mindestnadelhubs im Nennbetrieb der Brennkraftmaschine eine Verschmutzung der Düse durch Schmutzpartikel vermieden.

30 Diese Vorgabe des Mindestnadelhubs gilt jedoch nur für den Nennbetrieb der Brennkraftmaschine. Sie schließt nicht aus, dass zwischen einzelnen Einspritzimpulsen bzw. Hüben der Düsenneedle das Einspritzventil auch zeitweise vollständig geschlossen sein muss. Dies gilt insbesondere für Betriebszustände mit geringem Kraftstoffbedarf, wie zum

Beispiel im Leerlauf, wenn über längere Zeitintervalle hinweg die Düsenneedle nicht mit Vollhüben wie im Nennbetrieb, sondern lediglich mit Teilhüben angesteuert wird. Bei diesen Betriebszuständen der Brennkraftmaschine ist dann eine ausreichende Spülwirkung aufgrund der nur Teilhubansteuerung nicht mehr gewährleistet, was die Gefahr einer Verschmutzung der Einspritzdüse stark erhöht und deren Erkennung erschwert.

10 Insbesondere im Leerlaufbetrieb kann auch ein großer zeitlicher Abstand zwischen zwei Einspritzzyklen eines Zylinders liegen. Dies hat zur Folge, dass für die Diagnose des unerwünschten offen klemmenden Betriebszustandes der Düsenneedle nur relativ wenige Einspritzereignisse zur Verfügung stehen, was die Diagnose dieses Betriebszustandes insgesamt unsicherer macht.

Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es die Aufgabe der Erfindung, bekannte Verfahren zum Betrieb eines Einspritzventils einer Brennkraftmaschine, bekannte Computerprogramme und Steuergeräte zur Durchführung dieses Verfahrens sowie bekannte Brennkraftmaschinen mit einem derartigen Steuergerät derart weiterzubilden, dass eine Verschmutzung der Düse des Einspritzventils durch Partikel und eine damit verbundene Gefahr eines Benzinschlags insbesondere auch in Betriebszuständen mit geringem Kraftstoffverbrauch leichter erkannt und vermieden wird.

30 Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand des Patentanspruchs 1 gelöst. Demnach besteht die Lösung insbesondere darin, dass ein Verfahren zum Betreiben eines Einspritzventils einer Brennkraftmaschine, bei dem die Dosierung der Kraftstoffmenge neben der Variation der Einspritzzeit auch durch eine Variation des Hubs der Düsenneedle des

Einspritzventils einstellbar ist, die folgenden Schritte umfasst:

- a) Überwachen der Brennkraftmaschine auf ordnungsgemäße Funktionsweise;
- b) Erkennen eines offen klemmenden Betriebszustandes der Düsenadel des Einspritzventils, insbesondere aufgrund einer Verschmutzung, wobei die Düse des Einspritzventils durch die Düsenadel zwar nicht mehr weiter verschließbar, wohl aber noch weiter zu öffnen ist; und
- c) Spülen der Düse mit Kraftstoff durch Einstellen eines im Wesentlichen maximalen Hubs der Düsenadel zum Beseitigen der Verschmutzung.

15

Vorteile der Erfindung

Vorteilhaftweise werden durch die bei einer derartigen Spülung wirkende große Kraftstoffmenge und den dann wirkenden großen Druck Schmutzpartikel im Querschnitt des Einspritzventils weggespült. Die Düse ist dann wieder frei von Schmutzpartikeln und kann wieder vollständig geschlossen werden. Der Gefahr eines Benzinschlags wird damit entgegengewirkt. Durch die Spülung der Düse wird außerdem das ursprüngliche Strahlbild der Düse wieder hergestellt, wenn es zuvor durch die Schmutzpartikel beeinträchtigt war. Die Wiederherstellung des Strahlbildes führt zu einer Verbesserung des Wirkungsgrades der Brennkraftmaschine.

30

Beispielhafte Ausführungen für das Überwachen der Brennkraftmaschine auf ordnungsgemäße Funktionsweise und das Erkennen des offen klemmenden Betriebszustandes der Düsenadel sind Gegenstand der Unteransprüche 2 - 4.

Wichtig ist, dass die in diesen Ansprüchen vorgeschlagenen Ausführungsformen auch gleichzeitig durchgeführt werden können. Für das Erkennen eines offen klemmenden Betriebszustandes ist es dann ausreichend, wenn eine der in 5 den Ansprüchen 2 - 4 für das Erkennen genannten Bedingungen erfüllt ist.

Es ist vorteilhaft, dass die bei Vollhub im Rahmen einer Spülung geförderte erhöhte Kraftstoffmenge durch eine 10 Verringerung der Ansteuerdauer t_i kompensiert werden kann.

Wenn das Ventil in einer offenen Stellung klemmt, fließt kontinuierlich Kraftstoff in die Brennkammern der Brennkraftmaschine. Dies hat ein unerwünschtes großes 15 Motordrehmoment zur Folge. Vorteilhafte Abhilfen für das Auftreten dieses unerwünschten Mehrmomentes sind Gegenstand der Unteransprüche 6 - 8.

Für den Abbau von Kraftstoffmehrmengen und um 20 Fehlauslösungen einer Spülung gemäß Schritt c) zu vermeiden, ist es vorteilhaft, wenn die Durchführung des Schrittes c) für eine vorbestimmte Zeitdauer gesperrt ist, bevor er wieder erneut freigegeben wird.

25 Die oben genannte Aufgabe wird weiterhin durch ein Computerprogramm und ein Steuergerät zur Durchführung des Verfahrens sowie durch eine Brennkraftmaschine mit einem derartigen Steuergerät gelöst. Die Vorteile für diese Lösungen entsprechen den oben mit Bezug auf das 30 erfundungsgemäße Verfahren beschriebenen Vorteilen.

Zeichnungen

Die Erfindung wird nachfolgend in Form von verschiedenen

Ausführungsbeispielen detailliert und unter Bezugnahme auf die der Beschreibung beigefügten drei Figuren näher beschrieben, wobei

5 Figur 1 das Verfahren zum Betreiben eines Einspritzventils einer Brennkraftmaschine gemäß der Erfindung;

10 Figur 2 eine Brennkraftmaschine mit zugeordneter Ventileinspritzung gemäß der Erfindung; und

Figur 3 ein Einspritzventil mit Variation des Hubs der Düsenadel gemäß dem Stand der Technik

15 zeigt.

Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung

Das Verfahren gemäß der Erfindung dient dazu, insbesondere während Betriebszuständen mit nur geringem Kraftstoffbedarf, wie zum Beispiel dem Leerlauf, eine Verschmutzung der Düse 310 des Einspritzventils 300 zu vermeiden.

25 Für diesen Zweck sieht das Verfahren gemäß einem Schritt Sa) eine Überwachung der Brennkraftmaschine auf ordnungsgemäße Funktionsweise hin vor. Diese Überwachung kann erfindungsgemäß auf viererlei Weise erfolgen.

30 Zum einen kann diese Überwachung darin bestehen, dass das Luft-Kraftstoffgemisch der Brennkraftmaschine auf eine Anfettung hin überwacht wird, siehe Verfahrensschritt Sa1. Eine Anfettung des Kraftstoffgemisches wird typischerweise durch eine Reduktion des Lambda-Wertes bei dem betreffenden

Zylinder festgestellt.

Eine zweite Möglichkeit der Überwachung der Brennkraftmaschine besteht darin, sie oder einzelne ihrer

5 Zylinder auf Aussetzer hin zu überwachen, wie dies in Verfahrensschritt Sa2 vorgeschlagen wird. Dabei wird unter Aussetzer das Aussetzen einer Verbrennung während eines Zündzyklusses verstanden.

10 Drittens kann die Überwachung der ordnungsgemäß Funktionsweise der Brennkraftmaschine auch durch eine Überwachung des Druckes in einem der Brennkraftmaschine zugeordneten Kraftstoffspeicher 110 erfolgen. Wenn dieser Druck abfällt, ist ein ordnungsgemäßer Betrieb der
15 Brennkraftmaschine gefährdet (Sa3).

Schließlich besteht eine vierte Überwachungsmöglichkeit darin, einzelne Zylinder der Brennkraftmaschine auf Drehmomenterhöhungen oder auf

20 Drehmomentungleichförmigkeiten hin zu beobachten (Verfahrensschritt Sa4).

Alle vier genannten Überwachungsmöglichkeiten gemäß der Verfahrensschritte Sa1, Sa2, Sa3 und Sa4 können entweder
25 nur alleine oder aber in beliebiger Kombination durchgeführt werden. In Anspielung auf die möglichen Kombinationen weisen einige Ansprüche die Formulierungen:
"- gegebenenfalls zusätzlich -" und "- gegebenenfalls auch -" auf.

30 Die Überwachung der Brennkraftmaschine macht im Rahmen des erfindungsgemäß Verfahrens nur dann Sinn, wenn die bei der Überwachung gewonnenen Erkenntnisse auch im Hinblick auf einen unerwünschten und zu erkennenden offen klemmenden

Betriebszustand der Düsenadel 330 des Einspritzventils 300 ausgewertet werden. Diese Auswertung richtet sich, wie in Figur 1 dargestellt, nach der zuvor in Schritt Sa) durchgeführten Überwachung der Brennkraftmaschine. So wird 5 gemäß einem Verfahrensschritt Sb1 für den Fall, dass das Kraftstoffgemisch der Brennkraftmaschine gemäß Verfahrensschritt Sal auf eine Anfettung hin untersucht wurde, ein offen klemmender Betriebszustand der Düsenadel dann festgestellt, wenn die Anfettung des 10 Kraftstoffgemisches größer als ein vorgebbarer Anfettungsschwellenwert ist oder wenn der Gradient der Anfettung größer als ein vorgebbarer Anfettungsgradientenschwellenwert ist. Gleichermaßen wird bei Überwachung der Brennkraftmaschine gemäß 15 Verfahrensschritt Sa2 auf Aussetzer hin ein offen klemmender Betriebszustand der Düsenadel gemäß Verfahrensschritt Sb2 dann erkannt, wenn die Anzahl der festgestellten Aussetzer eines Zylinders pro Zeiteinheit einen vorgegebenen Häufigkeitsschwellenwert übersteigt. Bei 20 Überwachung der Brennkraftmaschine gemäß Verfahrensschritt Sa3 wird auf einen Druckabfall im Kraftstoffspeicher 110 hin ein offen klemmender Betriebszustand der Düsenadel 330 gemäß Verfahrensschritt Sb3 dann erkannt, wenn der Druck in dem Kraftstoffspeicher 110 unter einen vorgebbaren 25 Druckschwellenwert sinkt oder wenn der zeitliche Verlauf des Druckes in dem Kraftstoffspeicher 110 um mehr als vorgebbare Drucktoleranzwerte von einem vorgebbaren Solldruckverlauf abweicht. Schließlich lassen, bei einer Überwachung der Brennkraftmaschine gemäß Verfahrensschritt 30 Sa4, bei Schichtbetrieb festgestellte Drehmomenterhöhungen oder -ungleichförmigkeiten auf ein nicht vollständig schließendes Ventil, das heißt auf einen offen klemmenden Betriebszustand der Düsenadel 330 schließen, wenn die festgestellten Drehmomenterhöhungen oder -

ungleichförmigkeiten einen vorgegebenen Schwellenwert überschreiten.

In Verfahrensschritt Sb gemäß Figur 1 wird dann überprüft,
5 ob zumindest gemäß einem der Verfahrensschritte Sb1, Sb2,
Sb3 oder Sb4 ein offen klemmender Betriebszustand der
Düsennadel 330 erkannt wird. Wenn dem nicht so ist, wird
die Überwachung gemäß Verfahrensschritt Sa) fortgesetzt.
Wenn jedoch ein offen klemmender Betriebszustand der
10 Düsennadel 330 erkannt wird, das heißt wenn festgestellt
wird, dass diese nicht mehr weiter verschließbar, wohl aber
noch weiter zu öffnen ist, lässt dies auf eine
Verschmutzung der Düse 310 durch Partikel schließen. Dieser
Rückschluss ist insbesondere dann zulässig, wenn dieser
15 offen klemmende Betriebszustand nicht regelmäßig, sondern
nur sehr temporär auftritt; dann kann eine unsauber
gefertigte Oberfläche 310 der Düse als Ursache für den
offen klemmenden Betriebszustand ausgeschlossen werden.

20 Für den Fall, dass in Verfahrensschritt Sb) eine
Verschmutzung des Querschnitts der Düse 310 erkannt worden
ist, sieht das erfindungsgemäße Verfahren vor, gemäß
Verfahrensschritt Sc eine Spülung der Düse 310 mit
Kraftstoff durchzuführen, wobei der Hub der Düsennadel 330
25 auf einen im Wesentlichen maximalen Wert eingestellt wird.
Es fließt dann eine besonders große Kraftstoffmenge mit
großem Druck durch die Düse des Einspritzventils, wodurch
die unerwünschten Schmutzpartikel weggeschwemmt werden. Die
Düse ist dann wieder frei von Schmutzpartikeln und lässt
30 sich wieder ordnungsgemäß schließen, was dann in einer
ordnungsgemäßen Funktionsweise der Brennkraftmaschine
resultiert.

Aufgrund der Einstellung des maximalen Hubs der Düsennadel

während des Spülvorganges in Verfahrensschritt Sc) (Spülhub) wird eine besonders große Kraftstoffmenge in die Brennkammer der Brennkraftmaschine 100 eingespeist. Diese Kraftstoffmenge kann durchaus wesentlich größer sein als 5 eine Nennkraftstoffmenge, wie sie im Nennbetrieb der Brennkraftmaschine benötigt wird. Diese Mehrmenge an Kraftstoff hat unter Umständen ein erhöhtes Drehmoment der Brennkraftmaschine zur Folge. Wenn dieses erhöhte Drehmoment nicht erwünscht ist, empfiehlt das 10 erfundungsgemäße Verfahren gemäß Figur 1 verschiedene Maßnahmen, um dem Auftreten dieses erhöhten Drehmomentes entgegenzuwirken.

Dafür muss zunächst in Verfahrensschritt Sd) festgestellt 15 werden, ob überhaupt ein erhöhtes Drehmoment vorliegt. Wenn dem so ist, besteht gemäß Verfahrensschritt Sd1) eine erste Möglichkeit, das Drehmoment der Brennkraftmaschine konstant zu halten, darin, während der Durchführung der Spülung gemäß Verfahrensschritt Sc) die Ansteuerdauer t_i , während 20 derer der maximale Düsenadelhub eingestellt ist, so weit zu verringern, dass die durch das Einspritzventil in die Brennkammer der Brennkraftmaschine 100 eingespritzte Kraftstoffmenge einen vorgegebenen Kraftstoffmittelwert nicht überschreitet. Alternativ dazu besteht eine zweite 25 Möglichkeit, das Drehmoment der Brennkraftmaschine konstant zu halten, gemäß einem Verfahrensschritt Sd2) darin, dass während der Durchführung der Spülung gemäß Verfahrensschritt c) künstlich ein Aussetzer bei der Zündung desjenigen Zylinders erzeugt wird, bei dem der 30 unerwünschte offen klemmende Betriebszustand der Düsenadel 330 festgestellt wurde. Dieser Aussetzer kann künstlich dadurch erzeugt werden, dass der Zündzeitpunkt so lange hinausgezögert wird, bis das Luft-Kraftstoff-Gemisch nicht mehr entflammbar ist beziehungsweise der

Hochdruckwirkungsgrad der Verbrennung minimal ist.

Zwei weitere Maßnahmen, um das Drehmoment der Brennkraftmaschine konstant zu halten, hängen von der
 5 Betriebsart der Brennkraftmaschine ab.

Wenn in einem Verfahrensschritt Sd') festgestellt wird,
 dass die Brennkraftmaschine 100 in einem sogenannten
 10 Homogenbetrieb arbeitet, das heißt, dass es zu geringen
 Drehmomenterhöhungen entsprechend der Lambda-
 Wirkungsgradkurve kommt, besteht die Möglichkeit, das
 Drehmoment der Brennkraftmaschine dadurch konstant zu
 halten, dass während der Spülung die Zündzeitpunkte so weit
 verzögert werden, dass der Zündwinkelwirkungsgrad gemäß
 15 folgender Formel angepasst wird (Verfahrensschritt $Sd3$):

$$\eta_{zw} = (M_d_{soll} / M_i_{opt}) \cdot (1/\eta_{lam}),$$

mit $\eta_{lam} = f(\lambda)$, $\lambda = r_l / r_k_{soll}$; und

$$r_k_{soll} = f(Spülhub)$$

20 wobei

η_{zw} den Zündwinkelwirkungsgrad;

M_d_{soll} den Sollwert für das Motordrehmoment bzw.
 für die Brennkraftmaschine (100);

25 M_i_{opt} das optimale Motordrehmoment beziehungsweise
 optimale Drehmoment der Brennkraftmaschine
 (100);

η_{lam} den λ -Wirkungsgrad;

r_l die Luftmasse; und

rk_soll den Sollwert für die Kraftstoffmasse
repräsentiert.

Wird jedoch in Verfahrensschritt Sd' festgestellt, dass die Brennkraftmaschine 100 in einem sogenannten Schichtbetrieb 5 betrieben wird, dann bedeutet dies, dass generell ein Luftüberschuss besteht. Dies hat zur Folge, dass geringe bis große Drehmomenterhöhungen je nach aktuellem Betriebspunkt auf der Lambda-Wirkungskurve erzeugt werden, vorausgesetzt, dass das Gemisch entflammbar ist. Im Fall des Schichtbetriebes lässt sich das Drehmoment dadurch konstant halten, dass vor oder nach der Spülung gemäß Verfahrensschritt Sc) zumindest einzelne Einspritzimpulse, die normalerweise während eines Mehrfacheinspritzzyklusses vorgesehen sind, nicht mehr durchgeführt werden.

15 Wird die Brennkraftmaschine im Schichtbetrieb betrieben und wird ein offen klemmendes Einspritzventil erkannt, so sollte in den Homogenbetrieb gewechselt werden, da in diesem eine Drehmomentbegrenzung durch Begrenzung der 20 zugeführten Luftmasse erfolgen kann.

Alle gemäß der Verfahrensschritte Sd1), Sd2), Sd3) und Sd4) 25 aufgezeigten Ansätze bewirken eine Begrenzung der den Brennkammern der Brennkraftmaschine 100 zugeführten Kraftstoffmenge, obwohl das Einspritzventil bei Betrieb mit Spülhub maximal geöffnet ist.

Unabhängig davon, welche Variante zur Konstanthaltung des Drehmomentes verwendet wird, empfiehlt es sich, nach einer 30 durchgeföhrten Spülung eine Pause von vorbestimmter Zeitdauer einzulegen, bevor eine erneute Spülung durchgeföhrt werden kann; siehe Schritt Se). Auf diese Weise werden Fehlauslösungen des erfundungsgemäßen

Verfahrens und insbesondere der Spülung gemäß Schritt Sc) vermieden.

5 31.01.2003 WKL/GGA
Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

10 Ansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Einspritzventils einer Brennkraftmaschine (100), wobei die Dosierung der Kraftstoffmenge neben einer Variation der Einspritzzeit auch durch eine Variation des Hubs der Düsenadel des Einspritzventils (120) einstellbar ist, umfassend die folgenden Schritte:

- a) Überwachen der Brennkraftmaschine (100) auf ordnungsgemäße Funktionsweise (Sa);
- b) Erkennen eines offenen klemmenden Betriebszustandes der Düsenadel des Einspritzventils (120), insbesondere aufgrund einer Verschmutzung, wobei die Düse des Einspritzventils (120) durch die Düsenadel zwar nicht mehr weiter verschließbar, wohl aber noch weiter zu öffnen ist (Sb); und
- c) Durchführen einer Spülung der Düse mit Kraftstoff durch Einstellen eines im Wesentlichen maximalen Hubes der Düsenadel zum Beseitigen der Verschmutzung (Sc).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt a) die Brennkraftmaschine (100) auf eine

Anfettung hin überwacht wird (Sa1) und dass in Schritt b) der offen klemmende Betriebszustand dann erkannt wird, wenn die Anfettung größer als ein vorgebbarer Anfettungsschwellenwert oder der Gradient der Anfettung 5 größer als ein vorgebbarer Anfettungsgradientenschwellenwert ist (Sb1).

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt a) - gegebenenfalls zusätzlich - die Brennkraftmaschine (100) oder ein einzelner Zylinder der Brennkraftmaschine (100) auf Aussetzer hin überwacht wird (Sa2) und dass in Schritt b) der offen klemmende Betriebszustand - gegebenenfalls auch - dann erkannt wird, wenn die Anzahl der festgestellten Aussetzer eines Zylinders pro Zeiteinheit einen 15 vorgegebenen Häufigkeitsschwellenwert übersteigt (Sb2).

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt a) - gegebenenfalls zusätzlich - der Druck in einem der Brennkraftmaschine (100) zugeordneten Kraftstoffspeicher (110) überwacht wird 20 (Sa3) und dass in Schritt b) der offen klemmende Betriebszustand - gegebenenfalls auch - dann erkannt wird, wenn der Druck in dem Kraftstoffspeicher (110) unter einen vorgebbaren Druckschwellenwert sinkt oder wenn der zeitliche Verlauf des Druckes in dem Kraftstoffspeicher 25 (110) um mehr als vorgebbare Drucktoleranzwerte von einem vorgebbaren Solldruckverlauf abweicht (Sb3).

5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass während der Durchführung der Spülung gemäß Schritt c) die Ansteuerdauer t_i , während 30 derer der maximale Düsenadelhub eingestellt ist, so weit verringert wird, dass die durch das Einspritzventil (120) in die Brennkammer der Brennkraftmaschine (100)

eingespritzte Kraftstoffmenge einen vorgegebenen Kraftstoffmittelwert nicht überschreitet (Sd1).

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 4, dadurch gekennzeichnet, dass während der Durchführung der Spülung gemäß Schritt c) künstlich ein Aussetzer der Verbrennung bei demjenigen Zylinder erzeugt wird, bei dem der offen klemmende Betriebszustand der Düsenadel festgestellt wurde, indem der Zündzeitpunkt für diesen Zylinder so lange hinausgezögert wird, bis das Luft-Kraftstoffgemisch in der Brennkammer nicht mehr entflammbar bzw. der Hochdruckwirkungsgrad der Verbrennung minimal ist (Sd2).

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 4, dadurch gekennzeichnet, dass - wenn die Brennkraftmaschine (100) in einem Homogenbetrieb arbeitet - während der Spülung gemäß Schritt c) die Zündzeitpunkte so weit verzögert werden, dass der Zündwinkelwirkungsgrad gemäß folgender Formel angepasst wird (Sd3):

$$\begin{aligned}\eta_{zw} &= (Md_{soll} / Mi_{opt}) \cdot (1/\eta_{lam}), \\ \eta_{lam} &= f(\lambda), \quad \lambda = r_l / rk_{soll}; \text{ und} \\ rk_{soll} &= f(Spülhub)\end{aligned}$$

wobei

- η_{zw} den Zündwinkelwirkungsgrad;
- Md_{soll} den Sollwert für das Motordrehmoment bzw. für die Brennkraftmaschine (100);
- 25 Mi_{opt} das optimale Motordrehmoment beziehungsweise optimale Drehmoment der Brennkraftmaschine (100);
- η_{lam} den λ -Wirkungsgrad;

rl die Luftmasse; und
rk_soll den Sollwert für die Kraftstoffmasse
repräsentiert.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 4, dadurch
5 gekennzeichnet, dass - wenn die Brennkraftmaschine (100) im
Schichtbetrieb arbeitet - vor oder nach der Spülung gemäß
Schritt c) zumindest einzelne von grundsätzlich mehreren
während desselben Mehrfach-Einspritzzyklusses vorgesehenen
Einspritzmengen nicht mehr durchgeführt werden (Sd4).

10 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 8, dadurch
gekennzeichnet, dass der maximale Hub der Düsenadel gemäß
Schritt c) nur für jeweils einen Zylinder der
Brennkraftmaschine (100) und auch nur für wenige
Einspritzvorgänge eingestellt wird.

15 10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet,
dass die Durchführung des Schrittes c) für eine
vorbestimmbare Zeitdauer gesperrt wird, bevor er wieder
erneut freigeschaltet wird (Se).

11. Computerprogramm für ein Steuergerät (130) einer
Brennkraftmaschine (100) mit Programmcode, der dazu
geeignet ist, das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 10
durchzuführen, wenn er auf einem Computer oder
Mikroprozessor abläuft.

25 12. Computerprogramm nach Anspruch 11, dadurch
gekennzeichnet, dass der Programmcode auf einem
computerlesbaren Datenträger gespeichert ist.

13. Steuergerät (130) zur Ansteuerung eines
Einspritzventils (120) einer Brennkraftmaschine (100),
wobei das Einspritzventil (120) so ausgebildet ist, dass

eine Dosierung der von ihm zugeführten Kraftstoffmenge in die Brennkammern der Brennkraftmaschine (100) durch eine Variation des Hubs der Düsenadel des Einspritzventils (120) möglich ist, dadurch gekennzeichnet, dass mit Hilfe
5 des Steuergerätes (130) ein offener klemmender Betriebszustand der Düsenadel des Einspritzventils (120), insbesondere aufgrund einer Verschmutzung der Düse, erkennbar ist und in diesem Fall ein im Wesentlichen maximaler Hub der Düsenadel durch das Steuergerät (130)
10 einstellbar ist zum Spülen der Düse mit Kraftstoff.

14. Brennkraftmaschine (100) mit einem Einspritzventil (120) zur Kraftstoffeinspritzung, wobei das Einspritzventil (120) so ausgebildet ist, dass es eine Dosierung der von ihm in die Brennkammern der Brennkraftmaschine (100)
15 zugeführten Kraftstoffmenge durch eine Variation des Hubs der Düsenadel des Einspritzventils (120) ermöglicht, dadurch gekennzeichnet, dass der Brennkraftmaschine (100) ein Steuergerät (130) zugeordnet ist, mit dessen Hilfe ein offener klemmender Betriebszustand der Düsenadel des
20 Einspritzventils (120), insbesondere aufgrund einer Verschmutzung, erkennbar ist und mit dessen Hilfe in diesem Fall ein im Wesentlichen maximaler Hub der Düsenadel zum Spülen der Düse mit Kraftstoff einstellbar ist.

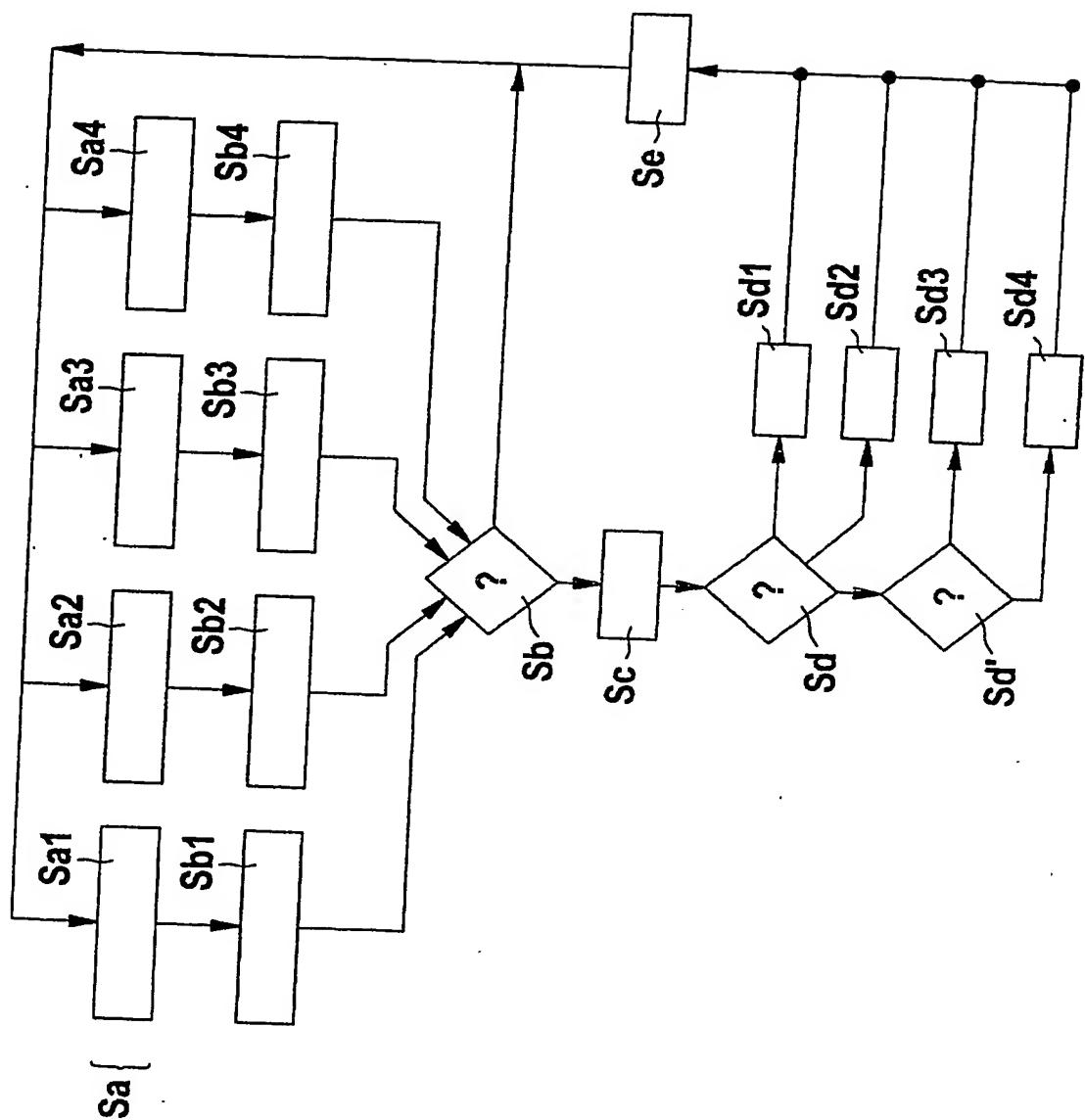


Fig. 1

{
Sa }

R.304291

2 / 2

Fig. 2

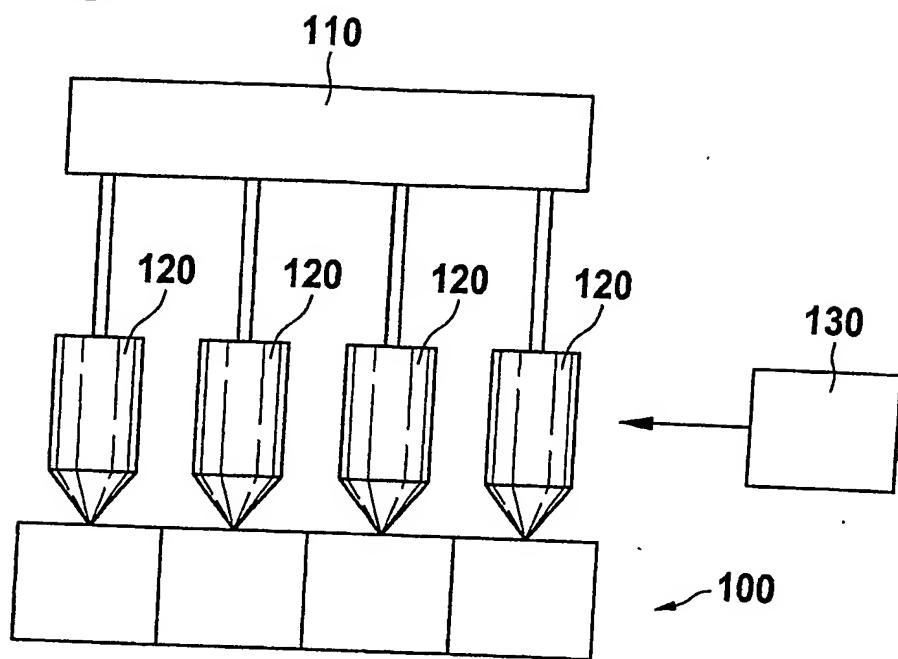
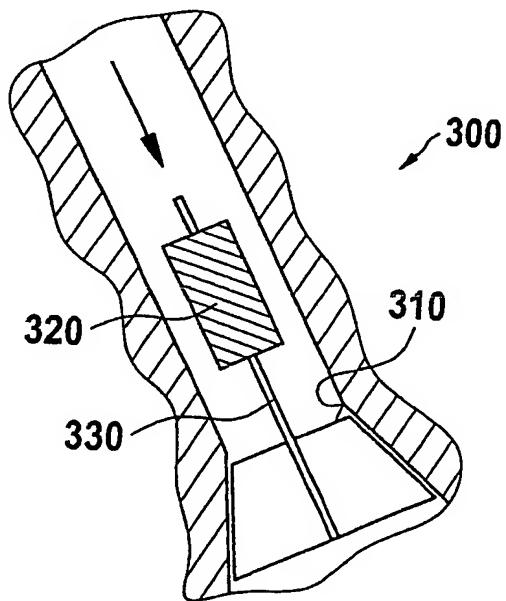


Fig. 3



5

31.01.2003 WKL/GGA
Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

10 Verfahren zum Betreiben eines Einspritzventils einer
Brennkraftmaschine

15 Zusammenfassung

15 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines
Einspritzventils einer Brennkraftmaschine, wobei die
Dosierung der Kraftstoffmenge insbesondere durch eine
Variation des Hubs der Düsenadel des Einspritzventils
einstellbar ist. Derartige Verfahren und Einspritzventile
sind im Stand der Technik grundsätzlich bekannt. Zur
Vermeidung der Gefahr eines unvollständigen Schließens
aufgrund von Verschmutzung (Gefahr eines Benzinschlags) bei
Betriebszuständen der Brennkraftmaschine, bei denen über
längere Zeit kein Vollhub der Düsenadel und damit auch
keine ausreichende Spülung der Düse durchgeführt wird, wird
erfindungsgemäß vorgeschlagen, eine Spülung der Düse mit
Kraftstoff dann durchzuführen, wenn ein offen klemmender
Betriebszustand der Düsenadel erkannt wurde. (Figur 1)

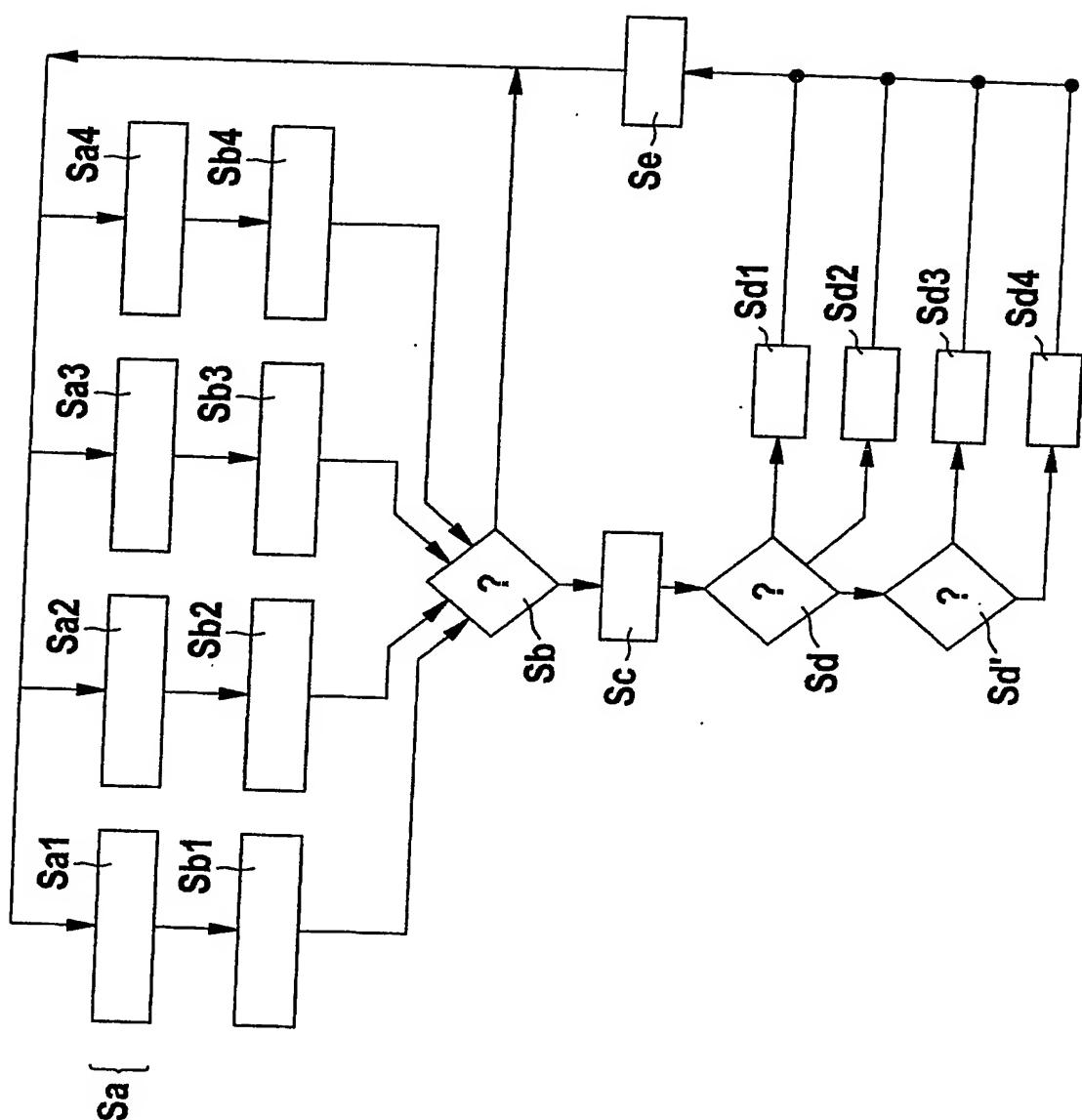


Fig. 1

 $S_a [$

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.